

基于时间戳的时间信号自适应辨识与解析

温丽丽¹ 张国芳¹ 彭 昊¹ 陈 艳²

(1. 国网四川省电力公司电力调度控制中心, 四川 成都 610041;

2. 成都引众数字设备有限公司, 四川 成都 610299)

摘要: 在时间同步监测装置中, 需要对 IRIG - B (DC)、PPS、PPM、PPH、DCF77 和时间串口报文等时间信号进行采集处理。通常 IRIG - B (DC)、PPS、PPM、PPH、DCF77 采用硬件逻辑电路接收处理, 而时间串口报文信息的接收需要借助串口通信模块, 并需对串口通信模块进行参数设置。因此, 采用了一种基于时间戳的时钟信号处理方式, 在 FPGA 上对这类时间信号进行统一采集处理, 提取时间信号特征量对各种时间信号进行自适应识别与解析, 简化了装置的硬件结构。同时, 还可以根据时间戳对时间信号的准确度和稳定度进行评价。

关键词: 时间同步监测; 时间戳; 信号辨识; 时间特征量

Abstract: In time synchronization monitoring device, the acquisition and processing for IRIG - B (DC), PPS, PPM, PPH, DCF77, time serial message and other time signal need to be carried out. Typically, IRIG - B (DC), PPS, PPM, PPH, DCF77 receive the processing using hardware logic circuit, and the processing received by time information serial message needs to use serial communication module which should set parameters for serial communication module. Therefore, the clock signal processing method based on timestamp is adopted to deal with this kind of time signals on FPGA and extract time signal feature quantity to do the adaptive identification and analysis for various time signals, which simplifies hardware structure of the device. At the same time, it can analyze the accuracy and stability of time signal according to the timestamp.

Key words: time synchronization monitoring; timestamp; signal recognition; time feature quantity

中图分类号: TN919 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2016)05 - 0082 - 04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.018

0 引 言

电力系统中反应系统运行工况的电气参数, 都与时间参数相关, 时间参数的品质影响着系统中实时数据采集与测量的精度, 也影响着后续的电网高级应用的结果。电网安全稳定运行要求全网中的电力自动化设备与各种信息管理系统都基于统一的时间基准运行。目前, 国内的电网主要通过电厂、变电站和调度所建立 GPS 接收站, 在卫星时标的驱动下建立全网统一时间同步。接收到的 GPS 时间信号又通过多种方式为众多电网业务提供统一的时间基准, 各种电网对时间同步的精度要求也不尽相同^[1]。因而, 对于电力系统中的时间授时与被授时装置, 需要按照装置对时间同步准确度要求进行分类监测与管理^[2-3]。随着智能变电站在电力系统中的日益普及, 电网中各个装置间的同步运行就越来越依赖于时间同步系统, 而对时间同步系统的监测与管理已经纳入到电力系统各级调度中心的监控范

围, 其信息也已经成为确保电网安全稳定运行, 对时间参数进行调节的重要依据。

在国内已有的时间同步监测系统中, 实时监测的数据主要包括时钟 NTP 数据、时钟状态数据、通信服务器 NTP 数据和测控装置 SOE 数据等^[4], 然而, 在现场实际应用中, 电力自动化装置多以脉冲、时间编码和串口报文等方式进行对时, 时间信号具有多样性的特点。作为时间同步监测系统前端的信号采集监测装置, 必须具备对各种时间信号直接进行采集及识别分析的能力。这里介绍了一种基于时间戳的时间信号特征量提取技术, 来实现对包括时间串口报文在内的信号统一采集与自动识别解析的方法。这不仅实现了对时间信号的直接采集, 让时间同步信号的接入简单化、灵活化, 还提高了信号解析处理的可靠性。

1 基于时间戳的处理方案

通常时间同步监测装置以固定接口和固定解码

器的方式对信号进行采集处理,不利于多路不确定信号接入的情况,并且对时间串口报文信号需要预先进行波特率等参数配置,才能正确接收及解码,在现场应用中不够灵活、方便。要克服上述缺点,就必须将信号解析通用化,最直接的办是利用现场可编程门阵列(FPGA)对信号的每个跳变沿打上时间戳,然后将时间戳序列通过报文发送给主板中央处理器(CPU),由CPU进行信号辨识及时间信息解析。基于时间戳的信号处理方案有利于简化接口板设计,可以方便地扩展重组为时间信号检测仪(便携式、手持式、虚拟仪器式)等设备。

FPGA的时间戳生成器速率可达125 MHz,时间戳的最小分辨率为8 ns,满足电力系统中对任何一种时间信号的监测精度。CPU依据时间戳序列提取出电平、脉宽和频率等特征量,再利用信号模型算法库进行信号匹配分析,自动辨识出信号类型。CPU也可依据高精度的时间戳信息,对时间信号的信号输出精度、误码率、稳定度等信息进行统计,实现对时间信号品质监测。

2 信号特征量的提取

FPGA除了打时间戳外,还需要标识出跳变沿的变化状态,“0”表示从高电平变到低电平,“1”表示从低电平变到高电平。这样,依据时间序列排序的时间戳与电平状态信息,经过时差计算,就可以将信号波形各个脉冲的周期、脉冲宽度等信号特征量提取出来,如图1所示,可以按式(1)~式(3)进行计算。

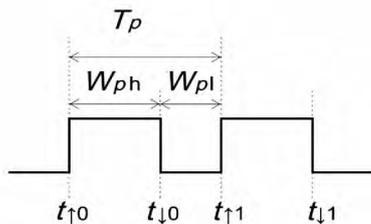


图1 时钟信号还原示意图

1) 脉冲周期

$$T_p = t_{\uparrow 1} - t_{\uparrow 0} \quad (1)$$

式中: $t_{\uparrow 1}$ 为连续的相邻两个脉冲间,后一个脉冲上升沿时戳; $t_{\uparrow 0}$ 为连续的相邻两个脉冲间,前一个脉冲上升沿时戳。

2) 脉冲高电平宽度

$$W_{ph} = t_{\downarrow 0} - t_{\uparrow 0} \quad (2)$$

式中: $t_{\downarrow 0}$ 为同一个脉冲的下降沿时戳; $t_{\uparrow 0}$ 为同一个脉冲的上升沿时戳。

3) 脉冲低电平宽度

$$W_{pl} = t_{\uparrow 1} - t_{\downarrow 0} \quad (3)$$

式中: $t_{\uparrow 1}$ 为连续的相邻两个脉冲间,后一个脉冲上升沿时戳; $t_{\downarrow 0}$ 为连续的相邻两个脉冲间,前一个脉冲下降沿时戳。

3 时间信号自动识别与解析

对于已经被反演出来的波形信号,软件程序可以通过对其脉冲周期、脉冲宽度及脉冲序列进行特征分析,自动判别出信号类型;再通过每一种信号的对应编码方式,解析并提取出时钟信号所携带的时钟信息,实现信息的采集。

3.1 各类时间信号的信号特征

1) IRIG - B(DC) 的信号特征

IRIG - B 时码信号是美国靶场仪器组(Inter Range Instrumentation Group) 的串行时间码,每秒1 帧,包含100 个码元信息的波形,每个码元周期是固定值10 ms。利用3 个特定宽度的脉冲表示码元,其中:2 ms 脉宽表示二进制“0”码元;5 ms 脉宽表示二进制“1”码元;8 ms 脉宽表示分隔标志“P”码元。连续两个“P”码元中的后一个码元上升沿为整秒基准标志^[5]。

2) PPS、PPM、PPH 的信号特征

秒脉冲(PPS)、分脉冲(PPM) 和时脉冲(PPH) 分别是在整秒、整分、整时的准时沿发生跳变的单脉冲信号。一般脉冲宽度在10 ms 到200 ms 之间,根据时钟装置的类型不同而异。

3) DCF77 的信号特征

DCF77 时钟信号是以1 min 为单位的帧,1 整帧里,从第20 s 到第58 s 为止含有以二进制十进制(BCD) 格式编码的时间信息,第59 s 无信号以代表一个新帧的起始。

4) 时间串口报文的信号特性

时间串口报文就是,每秒1 帧,带有时间编码信息的串行信号,传输速率可为:300、600、1 200、

2 400、4 800、9 600、19 200 bps, 通常为 9 600 bps。

表 1 时钟信号特征对比

类型	信号周期	脉冲周期	高电平脉宽
IRIG - B(DC)	1 s	10 ms	2 ms、5 ms、8 ms
PPS	1 s	1 s	10 ~ 200 ms
PPM	1 min	1 min	10 ~ 200 ms
PPH	1 h	1 h	10 ~ 200 ms
DCF77	1 min	1 s	100 ms、200 ms
MSG	1 s	不确定	不确定(与传输波特率相关)

通过以上的信号特征分析,可总结出各个时钟信号的异同点,如表 1 所示。

3.2 信号类型的判别

在了解了各类时钟信号的信号特征之后,软件程序可通过对信号变位周期和脉冲宽度的异同,来判别时钟信号的类型。判别条件如下:

- 1) 以 2 ms、5 ms、8 ms 脉冲宽度变化交替或连续出现的,为 IRIG - B(DC);
- 2) 上升沿每秒出现 1 次,且累计 40 个以上的脉冲,脉冲高电平宽度无变化,为秒脉冲;
- 3) 上升沿每秒出现 1 次,且累计 40 个以上的脉冲,脉冲高电平宽度有变化,且为 100 ms、200 ms 2 种脉宽交替出现的,为 DCF77;
- 4) 上升沿每分钟出现 1 次的,为分脉冲;
- 5) 上升沿每小时出现 1 次的,为时脉冲;
- 6) 变位周期比 B 码密集,且周期是固定几个值的,即信号呈现 300、600、1 200、2 400、4 800、9 600、19 200 bps 波特率特征的,为报文类型;
- 7) 其余为未知信号。

3.3 时间信号的解析

3.3.1 IRIG - B(DC) 的时间信息

IRIG - B(DC) 的时钟信息包含两部分: 1) 起始脉冲准时沿,即连续两个 8 ms 脉宽基准标志脉冲的第二个脉冲上升沿时间戳; 2) 100 个码元信息,即帧结构中包含的起始标志、秒(个位)、分隔标志、秒(十位)、基准标志、分(个位)、分隔标志、分(十位)、基准标志、时(个位)、分隔标志、时(十位)、基准标志、自当年元旦开始的天(个位)、分隔标志、天(十位)、基准标志、天(百位)(前面各数均为 BCD 码)、7 个控制码(在特殊使用场合定义)、自当天 0 时整开始的秒数(为纯二进制整数)、结束标志^[6]。

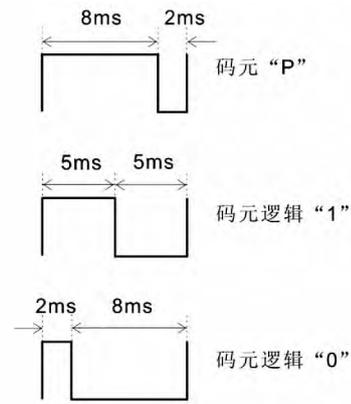


图 2 B 码码元示意图

CPU 连续不断地获得一组时间戳,计算脉冲宽度,依靠图 2 中给出的 B 码码元特征,根据脉冲宽度来判别出码元类型。在这样一组码元中,可能是一帧信号的一部分,也可能是多帧信号的组合,所以,每取一个时间戳都要进行一次数据解码分析^[7]。首先,通过查找连续两个“P”码元来判断帧的起始;检查收到起始帧标识 POPr 时间戳后,将每一码元位值存入 B 码的位元数组中,数组深度为 100,并开始位计数;当收满 81 个码元位后,即可根据 B 码的编码标准进行本帧数据解析。如果某次报文收到的码元位不够 81 位,则等收齐后再进行解析。实际处理时,可以对收到的数据进行逐位流水处理。IRIG - B 软件解码流程处理如图 3 所示。

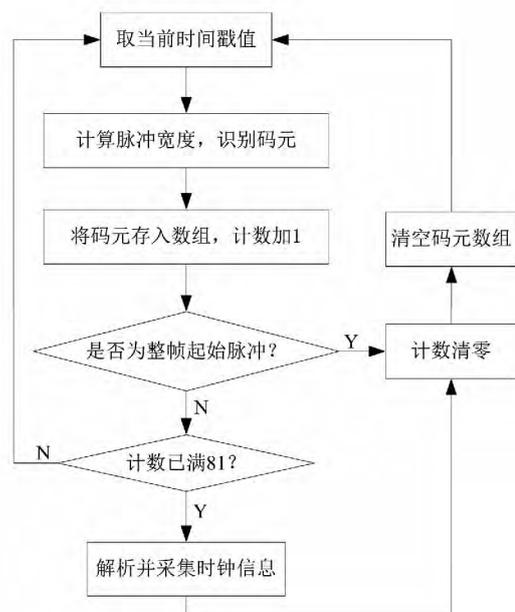


图 3 IRIG - B 软件解码处理流程

3.3.2 PPS、PPM、PPH 的时间信息

对于已经判定出信号类型的 PPS、PPM 和 PPH 脉冲信号,可直接提取该脉冲的准时沿时间戳作为

该脉冲信号所携带的时钟信息。

3.3.3 DCF77 的时间信息

DCF77 的时间编码包含以 1 min 为单位的帧,第 59 s 无信号以代表一个新帧的起始。一整帧里,从第 20 s 到第 58 s 为止含有以 BCD 格式编码的时间资讯包括:时、分、日期、星期、年、月和 3 个校验位 P1、P2 和 P3;另外,编码里也含有 5 个特殊位:R (代表备用发射塔在启动)、A1 (代表夏令时的预告位)、Z1 (夏令时为 200 ms,冬令时为 100 ms)、Z2 (冬令时为 200 ms,夏令时为 100 ms) 及 A2 (闰秒通知位)。这些特殊位都在第 15 s 和第 19 s 之间发出。

对 DCF77 信号的解析处理可以按照 IRIG - B 的方法进行操作,与 IRIG - B 信号不同的是,DCF77 以 100 ms 脉冲宽度的脉冲表示逻辑“0”,以 200 ms 脉冲宽度的脉冲表示逻辑“1”;另外,DCF77 的位元数组深度为 60。

3.3.4 串口报文的时间信息

串口对时报文中所带的时间信息包含两部分:

- 1) 报文首字节起始位边沿时间与整秒沿时间对齐。
- 2) 报文内容包含:年、月、日、时、分、秒日期时间信息。而时间频率串口报文除时间、日期之外,还包括频率信息,频率值精确到万分位。另外,也可包含用户指定的其他特殊内容,如时间基准标志、GPS 卫星锁定状态、接收 GPS 卫星数、告警信号等。对串口对时报文的监测就必需是捕捉每秒报文首字节的边沿时间,同时与报文内容中解析得到的时间相对比,计算出两者间的误差,即为串口对时报文的误差。

对于一个类型未知的输入信号,需要借助脉冲周期与波特率两个信号特征量来判定是否为串口报文类型。其中,信号脉冲周期可以根据式(1)的方法计算得出,而信号传输波特率则需要另外判定。目前,传统的波特率自动识别方法有 3 种^[7]:

1) 波特率穷举法,即波特率从 300 ~ 19 200 bps 逐一进行设置,尝试接收特定字节,直到正确接收为止。利用这个方法检测波特率速度较慢,在串口报文接收的过程中出现波特率改变的情况,将不能自动进行波特率重新识别。

2) 码元宽度实时检测法,即串口发送特定的 0x80H 报文,接收方实时检测并测量该 1 位码元的宽度,再根据码元宽度来计算波特率。这个方法需要串口报文的发送方发送特定值进行配合,实际应用存在局限性。

3) 最大公约数法,即实时检测并收集串口报文的任意码元宽度,根据一段时间内收集到的码元宽度值来求取码元的最大公约数,然后用该值来计算波特率。该方法对待测系统发送的数据没有特殊要求即可实现波特率识别,且保证了波特率识别的有效性和可靠性,也易于通过软件设计来实现。因此,项目中采用了检测计算最大公约数法来实现对串口报文传输波特率的自动识别。

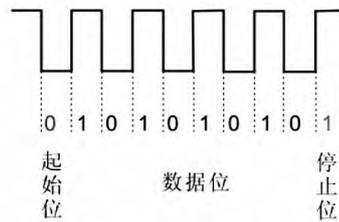


图 4 串口位(0x55)示意图

利用获取的波特率将信号的高、低电平转换成“1”、“0”位表。串行通信多采用 8 位二进制表示 1 个字节,加上 1 个起始位“0”和 1 个停止位“1”,共 10 位,如图 4 所示。如果有校验位则是 11 位。

根据以下 3 个特征可以将一串位表转换成一组 8 位串行通信数据:1) 长时间停止位之后是一帧串口报文位表;2) 起始位、停止位必须成对的出现在每个 8 位(无校验)或 9 位(有校验)位表首尾位置;3) 2 个长时间停止位之间的位表可以构成一完整帧,无多余位。利用上述 3 个特征处理后,可以将串口位信息转换为字节帧信息,然后,依据时间串口报文格式可解析得到串口报文内容中所携带的时间数据。

4 应用与性能测试

所提出的基于时间戳的时间信号辨识与解析技术已经成功应用于国网四川省电力公司时间同步监测系统的监测装置中,该系统由时间同步管理系统、省调时间同步监测装置、地调时间同步监测装置和变电站时间同步监测装置组成。省调、地调、变电站时间同步监测装置分别监测所在地时间同步系统及被授时设备时间同步状态、精度等信息,并上传到时间同步管理系统。该系统通过了国网四川省电力公司电力科学研究所的测试,依据 DL / T 1100.1 - 2009 《电力系统的时间同步系统》、GB/T 26866 -

(下转第 94 页)

于全景视图逐步推进价值量化工作。

3) 建议优化现有业务系统和数据中心,构建数据资产管理平台。在该平台上构建企业级数据资产全景视图,以体系化、结构化的方法展示企业数据资源的分布、流动情况以及数据资源的关系。未来,要想实现数据资产体系化、结构化、规范化管理,数据资产管理平台是技术保障,各业务部门将数据资源汇集到数据中心,在平台上实现数据资产质量核查、共享、应用、流转。

4 结 语

采用归纳分析、演绎推理的方法,从数据资产管理基础理论研究入手,明晰数据资产定义与特征,提出构建数据资产全景视图的方法,并设计出围绕全景视图开展数据资产价值量化的方法,从理论和实践两方面推动电力企业数据资产管理工作。总的来说,目前数据资产管理研究仍然处于探索起步阶段,未来电力企业开展数据资产管理工作需要层层推

(上接第85页)
2011《电力系统的时间同步系统检测规范》对时间同步监测装置的功能、授时精度和监测精度等进行检测。达到以下性能指标:

- 1) 对光纤 IRIG - B (DC) 的测试精度: 精度 ≤ 200 ns 抖动 ≤ 200 ns;
- 2) 对光纤接口 PPS 信号的测试精度: 精度 ≤ 0.2 μ s;
- 3) 对 RS - 485 接口串口报文的测试精度: 精度 ≤ 0.2 μ s。

5 结 语

所介绍的基于时间戳的时间信号辨识与解析方法,通过对信号跳变边沿打时间戳,还原出各种时间信号的波形,再根据对信号波形的特征分析,对比出信号的特征量,从而自适应辨识信号的类型,并根据各类信号的编码标准对信号进行解析。实现了对多种时间信号采集的统一接入、自动辨识与信息解析,大大简化了装置信号接口设计,提高了稳定性。同时,基于时间戳还实现了时间信号的准确度、波形的稳定度、串口报文的误码率等分析统计功能。

参考文献

[1] 汪洋,赵宏波,先毅,等. 高精度时间同步系统的应用

进,通过构建数据资产管理体系,明确职责分工,推进数据资产共享与应用,逐步实现常态化、规范有序的数据资产管理目标。

参考文献

- [1] 孟小峰,慈祥. 大数据管理: 概念、技术与挑战 [J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(1): 146 - 149.
- [2] 王元卓,靳小龙,程学旗. 网络大数据: 现状与展望 [J]. 计算机学报, 2013, 36(6): 1125 - 1138.
- [3] 钟瑛,张恒山. 大数据的缘起、冲击及应对 [J]. 现代传播, 2013, 35(7): 104 - 109.
- [4] 陶学娇,胡晓峰,刘洋. 大数据研究综述 [C]. 系统仿真学报, 2013, 25(增刊): 142 - 146.
- [5] 周震刚. 中国大数据市场 10 大预测 [J]. 通讯世界, 2012(10): 60 - 61.
- [6] 袁婕. 大数据时代的商机 [J]. 现代商业, 2012(30): 10 - 13.
- [7] Teece David J. Capture Value from Knowledge Assets: The New Economy, Market for Know - How and Intangible Assets [J]. California Management Review, 1998, 40(3): 55 - 79.

(收稿日期: 2016 - 06 - 06)

- [1] 和发. 电力系统时间同步系统 [J]. 电力系统通信, 2011, 32(1): 16 - 20.
- [2] DL/T 1100.1 - 2009 电力系统的时间同步系统 第 1 部分: 技术规范 [S].
- [3] 于跃海,张道农,胡永辉,等. 电力系统时间同步方案 [J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7): 82 - 86.
- [4] 雷霆,黄太贵,李斌,等. 时间同步监测分析系统的开发与应用 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(24): 65 - 68.
- [5] IRIG STANDARD 200 - 98, IRIG SERIAL TIME CODE FORMATS [S]. 2004.
- [6] 贾成龙,亓常松. 基于边沿捕获的 IRIG - B (DC) 解码码的研究与应用 [J]. 浙江海洋学院学报, 2013, 32(5): 443 - 447.
- [7] 刘燕,陈兴文. 串行通信波特率自动检测方法的实现 [J]. 大连民族学院学报, 2008, 10(1): 31 - 34.
- [8] 张信权,梁德胜,赵希才. 时钟同步技术及其在变电站中的应用 [J]. 继电器, 2008, 36(9): 69 - 72.

作者简介:

温丽丽(1982), 硕士、工程师, 主要从事电网调度自动化工作;

张国芳(1985), 硕士、工程师, 主要从事电网自动化高级软件应用研究与管理工作;

彭昊(1988), 硕士、助理工程师, 主要从事电网调度自动化工作;

陈艳(1978), 硕士、工程师, 主要从事电力系统自动化设备的设计与研究。 (收稿日期: 2016 - 03 - 01)